



Optimisation de la structure électromagnétique d'une machine spéciale fort couple.

Luc Moreau, Mohamed El Hadi Zaïm

► To cite this version:

Luc Moreau, Mohamed El Hadi Zaïm. Optimisation de la structure électromagnétique d'une machine spéciale fort couple.. Symposium de Génie Électrique 2014, Jul 2014, Cachan, France. hal-01065338

HAL Id: hal-01065338

<https://hal.science/hal-01065338>

Submitted on 18 Sep 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Optimisation de la structure électromagnétique d'une machine spéciale fort couple.

Luc MOREAU

IREENA, boulevard de l'université, 44600 Saint-Nazaire, luc.moreau@univ-nantes.fr.

RESUME – Ce papier décrit la conception d'une machine spéciale de type DSPM (Doubly Saillant Permanent Magnet Machine) pour les applications fort couple. La structure électromagnétique est optimisée pour deux stratégies de commande ; avec des références de courant rectangulaire symétrique ou positives. La forme des petites dents ainsi que la structure globale de la machine sont optimisés *via* un algorithme génétique couplé à la méthode des éléments finis afin de maximiser le couple massique d'une part et le couple rapporté au coût des matières actives d'autre part. Ces optimisations sont lancées vingt fois afin de pouvoir réaliser une étude statistique des résultats.

MOTS-CLES – DSPM, Algorithme génétique, Stratégie de commande en courant.

1. Introduction

Les applications à basse vitesse de rotation (éoliennes, hydroliennes, ...) mettent en générale en œuvre une boîte de vitesse accouplée à une machine électrique classique. Or, ces dispositifs peuvent être améliorés en s'affranchissant de la boîte de vitesse (réduction de la maintenance, amélioration du rendement...) grâce à l'utilisation d'une machine fort couple [1]-[2].

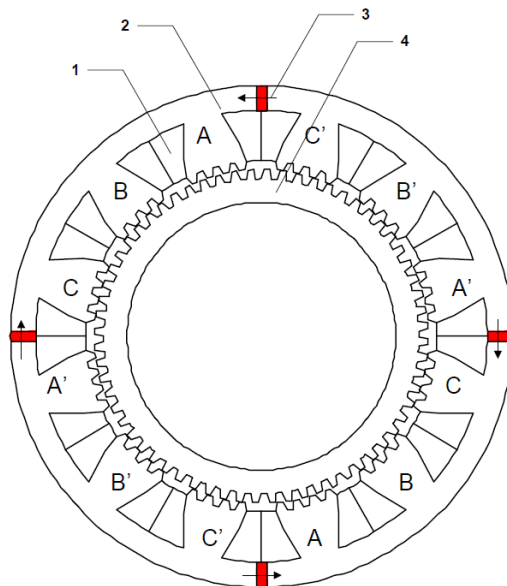


Figure 1 : Structure électromagnétique de la DSPM avec les bobinages (1), le stator (2), les aimants (3) et le rotor (4).

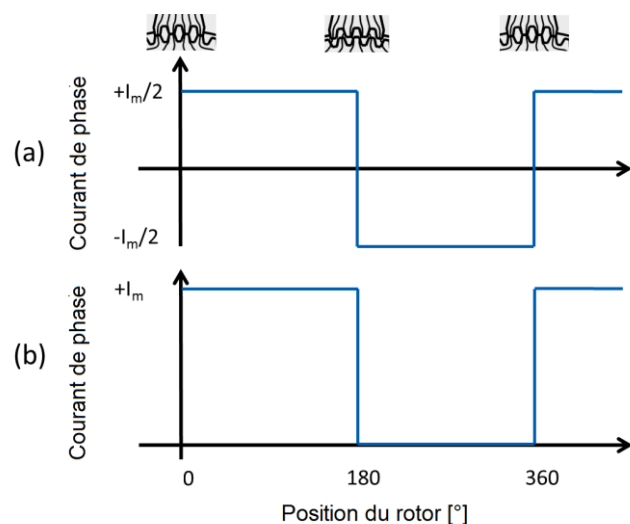


Figure 2 : Stratégies de commande avec des courants rectangulaires symétriques (a) ou positifs (b).

Parmi les technologies de machines fort couple on peut nommer la machine synchrone à aimants permanents ou à rotor bobiné, la machine à flux axiale, la machine à flux transverse, la machine à réluctance variable [1-4] et la DSPM [5-8]. La DSPM représente une solution intéressante [5-8]. Ce type de générateur (figure 1) présente de nombreux avantages tels que sa simplicité de construction, son bas coût, sa fiabilité et son couple massique. De plus, le rotor passif permet de réduire les pertes qui sont principalement localisées au stator, lequel est plus aisé à refroidir.

On se propose d'optimiser les dimensions géométriques de la DSPM afin de maximiser le couple massique d'une part et le coût au couple d'autre part. Ces optimisations sont lancées pour deux stratégies de commande. Dans la littérature ces deux stratégies de commande ont été étudiées séparément mais n'ont jamais été comparées.

La machine triphasée proposée comprend 64 dents au rotor, 48 dents au stator réparties sur 12 plots et 4 aimants dans la culasse statorique (figure 1). Il s'agit d'une machine de 2kW et 380 Nm, caractéristiques typiques des applications fort couple. Un prototype est en cours de fabrication.

2. Stratégies de commande.

On trouve dans la littérature deux types de commande en courant de la DSPM (figure 2). Le premier met en œuvre les courants de référence de forme rectangulaire symétrique [5]-[7]. Un deuxième type de commande consiste à utiliser des consignes de courant rectangulaire positif [8].

Les figures 3 et 4 montrent les caractéristiques flux courant pour les deux stratégies de commande. La surface en bleu est à l'image du couple développé.

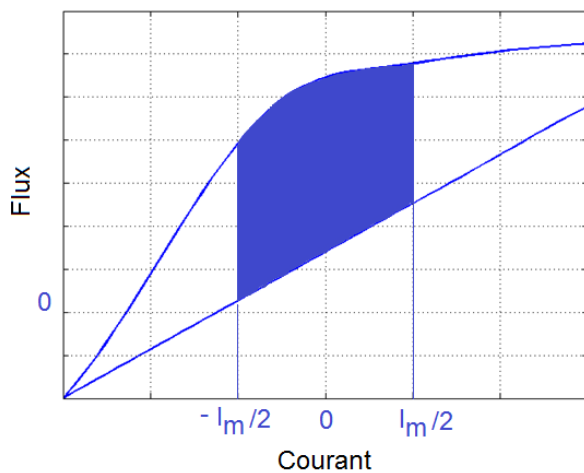


Figure 3 : Caractéristique flux courant pour la forme de courant de référence (a).

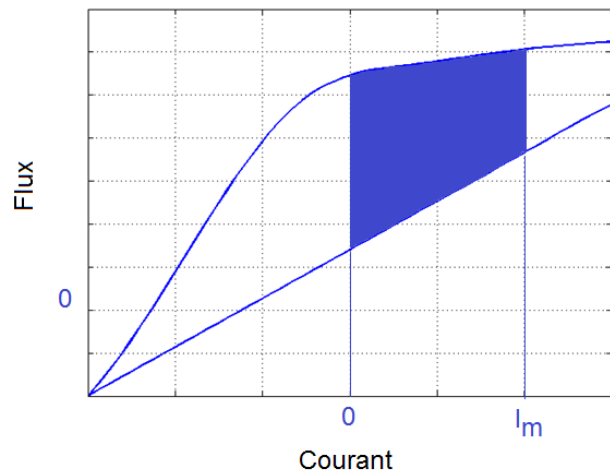


Figure 4 : Caractéristique flux courant pour la forme de courant de référence (b).

3. Optimisation de la structure électromagnétique.

La structure étudiée est présentée figures 5 et 6. Elle est définie par 13 critères géométriques. Le couple développé par la machine est calculé par la méthode des éléments finis.

L'optimisation est effectuée via un AG afin de maximiser le couple massique et le coût au couple avec les deux stratégies de commande soit quatre optimisations différentes. Pour chaque optimisation, l'AG est lancé 20 fois afin de pouvoir réaliser une étude statistique des résultats.

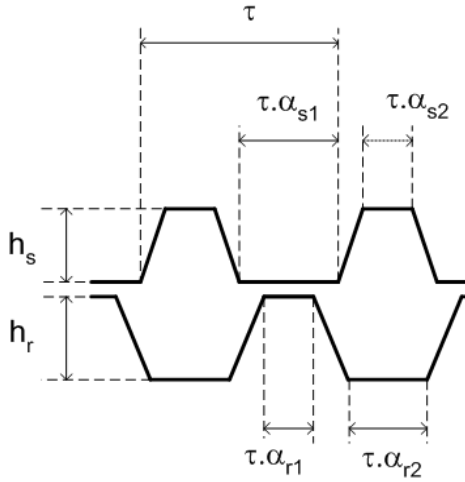


Figure 5 : Petites dents.

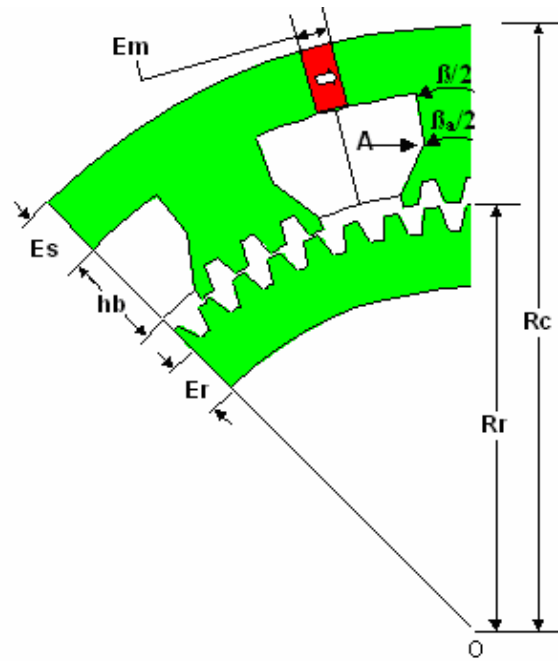


Figure 6 : Structure globale

Tableau 1. Résultats d'optimisation

Consigne de courant		Couple massique [Nm/kg]	Coût au couple [Nm/€]
Symétrique	Moyenne	5.68	1.84
	Max	5.79	1.87
	Min	5.48	1.82
	Ecart type	0.08	0.02
Positive	Moyenne	5.73	2.52
	Max	6.01	2.61
	Min	5.38	2.44
	Ecart type	0.22	0.05

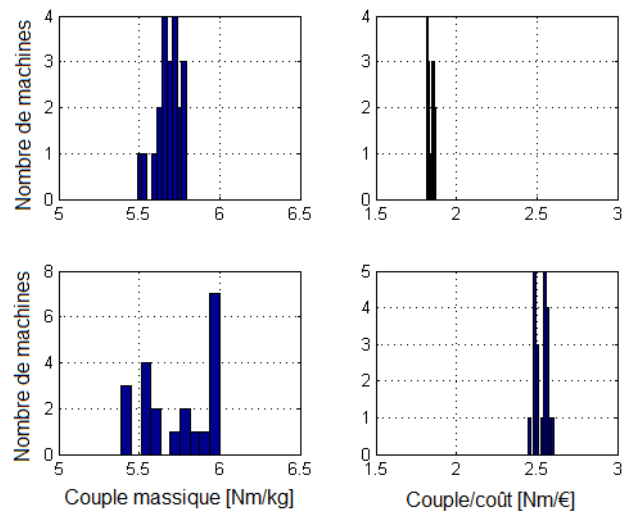


Figure 7 : Résultats d'optimisation - histogrammes.

Le tableau 1 montre les résultats d'optimisation. Lorsque le couple massique est optimisé, les deux formes de courant donnent des résultats proche avec en moyenne environ 5.7 Nm/kg. Cependant, lorsque le couple au coût est optimisé, la forme de courant positive est nettement meilleure que la forme symétrique avec 2.52 Nm/€ contre 1.84 Nm/€. Dans l'article final, nous expliquerons ces phénomènes en nous intéressant notamment aux variations des paramètres géométriques tels que l'épaisseur des aimants.

La figure 7 présente les histogrammes des fonctions objectives. On remarque des répartitions étroites ce qui dénote une bonne répétitivité de l'AG développé. L'article final présentera des histogrammes pour les paramètres géométriques significatifs.

4. Conclusion

Une machine spéciale à fort couple est étudiée. La structure de la DSPM est optimisée pour deux stratégies de commande en courant (symétrique et positif) et deux fonctions objectives ; le couple massique et le couple au coût. Il s'agit, entre autres, d'étudier l'influence du mode de commande sur les paramètres géométriques de la DSPM optimisée. Les résultats montrent des résultats très proches entre les deux modes de commande vis-à-vis du couple massique. Pour le coût au couple, les courants positifs donnent de meilleurs résultats. L'article final développera une étude statistique des paramètres optimisés. La suite des travaux portera sur une optimisation multicritères par front de Pareto afin de dégager les compromis possible entre le couple massique et le couple au coût.

5. Références

- [1] M.R. Dubois, "Review of Electromechanical Conversion in Wind Turbine", Report EPP00.R03, April 2000, Faculty ITS Group Electrical Power Processing.
- [2] H. Li and Z. Chen, "Overview of different wind generator systems and their comparisons", IET Renewable Power Generation, vol. 2, no. 2, pp. 123-138, 2008.
- [3] D. Bang, H. Polinder, G. Shrestha, and J. Ferreira, "Review of Generator Systems for Direct-Drive Wind Turbines", European Wind Energy Conference & Exhibition, Belgium, pp. 1-11, 2008.
- [4] M. Machmoum, L. Moreau, M. Zaim, G. Barakat, N. Takorabet, C. Chillet, D. Matt, S. Taibi, A. Tounzi, C. Espanet, A. Miraoui, H. S. Zire, "Comparaison de structures électromagnétiques pour une application en générateur à faible vitesse et fort couple", Electrotechnique du Futur, décembre 2003.
- [5] K. T. Chau, M. Cheng, C. C. Chan "Performance Analysis of 8/ 6-Pole Doubly Salient Permanent Magnet Motor", Taylor & Francis, Electric Machines and Power Systems, 27:1055–1067, 1999.
- [6] K. Nakamura, J. Yoshida, and O. Ichinokura, "A novel high power permanent magnet reluctance generator using ferrite magnet," in 13th European Conference on Power Electronics and Applications, 2009. EPE '09, 8-10 Sept. 2009, pp. 1-8.
- [7] Z. Q. Zhu and D. Howe, "Electrical Machines and Drives for Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles," Proc. IEEE, vol. 95, no. 4, pp. 746-765, Apr. 2007.
- [8] R. Saou, M.E. Zaim, K. Alitouche, "Optimal Designs and Comparison of the Doubly Salient Permanent Magnet Machine and Flux-reverseal Machine in Low-speed Application", Electric Power Components and System, Vol. 36, n°9 pp. 914-931, October 2008.